Sembrando en las lomas de Villarrubia de Santiago con una Kuhn SD 4500

Vida Rural Núm. 324. En MAQ. Marzo de 2011
18-3-2011

Belén Diezma, Miguel Garrido, Constantino Valero, Adolfo Moya, Pilar Barreiro, R. Espada y D. Urbina -

El pasado 8 de febrero, tras varias semanas de condiciones atmosféricas y de suelo adversas, el equipo del LPF-Tagralia asistido por dos alumnos colaboradores del Máster de Agroingeniería de la UPM, logró realizar el esperado ensayo de campo para la evaluación de una sembradora Kuhn SD 4500. Hay que agradecer a los responsables de la explotación SAT San Pedro la posibilidad que nos han brindado de evaluar una máquina en plena campaña en un momento en el que existe una clara limitación del tiempo disponible para realizar la labor en toda superficie programada. La sembradora tiene dos años de vida útil (aproximadamente 750 h de uso) lo que otorga a los ensayos un valor añadido al contemplar aspectos que no se tienen en cuenta cuando se estudia una máquina nueva.

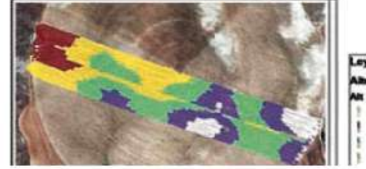



Figura 1

Puede decirse que en este día las condiciones de tiempo (entre 4 y 18°C) y suelo (15% de humedad y 1,12 g/cm3 de densidad aparente) resultaron adecuadas para una labor de siembra. Las pruebas se llevaron a cabo en una parcela de 34 ha situada en el término municipal de Villarrubia de Santiago, provincia de Toledo. Se trata de una parcela en regadío mediante un pívot central, que se extiende en una superficie alomada con desniveles acusados en algunos tramos (figura 1).

Se sembró un trigo de Gran Fuerza (peso de mil semillas 39,6 g, densidad aparente 769 kg/m3) sobre un rastrojo de maíz (7.450 kg/ha de residuo vegetal); dos días antes de la labor de siembra se procedió a un pase de grada pesada para mejorar las condiciones del suelo y de los restos del rastrojo. La **figura 2** muestra la resistencia a la penetración antes de realizar la labor para una media de cinco repeticiones, evaluada a distintas profundidades. El contenido de humedad del suelo analizado en otras tantas repeticiones mediante secado en estufa hasta pesada constante se situaba en valores comprendidos entre el 14 y 17%; el valor medio de densidad aparente determinada sobre las mismas muestras es de 1,12 ± 0,13 g/cm3. La cantidad de rastrojo del cultivo se evaluó recogiendo la biomasa de 0,25 m2 (dos repeticiones) y obteniendo un valor medio de 7.450 kg/ha (**foto 1**).

Características técnicas

Durante los ensayos la sembradora se enganchó a un tractor Fendt 718 Vario TMS de 180 CV (132 kW), con un motor de 6 cilindros e inyección electrónica, lo que posibilitó conocer en cada momento de trabajo el régimen del motor (rpm), el consumo horario (l/h) y la velocidad teórica (km/h). Este tractor dispone de caja de cambios con transmisión continua Vario que posibilita una gama de velocidades hacia delante de 0,02 a 50 km/h (**cuadro I**). El peso del tractor (10.544 kg) se determinó en báscula, correspondiendo al contrapeso frontal 870 kg; el reparto de pesos se situó en un 55% en el eje trasero y un 45% en el eje delantero. El accionamiento de la sembradora se realiza mediante los servicios externos del hidráulico.

La sembradora de distribución neumática ensayada forma parte de la gama SD de Kuhn para siembra directa, con un ancho útil de trabajo de 4,5 m, solo superada en capacidad de trabajo dentro de la marca por la SD 6000 R (de 6 m de ancho de trabajo). Incorpora el sistema de triple disco típico en Kuhn; esto es un disco abridor del surco (con 250 kg fuerza de penetración mediante la solicitación de resortes (**foto 2**) y dos discos sembradores montados sobre paralelogramo independiente. Se incorpora un pivote central situado a media distancia entre los discos abridores de surco y los discos sembradores para facilitar que los discos sembradores sigan el surco creado por el disco abridor. La dosificación se realiza mediante un dosificador central acanalado que permite regular la dosis de 1,5 a 400 kg/ha (dependiendo del tipo de semilla) variando la longitud de acanaladura efectiva mediante una manivela. El accionamiento del dosificador es mecánico con una rueda central de cuñas y la correspondiente cadena cinemática. La turbina de distribución, con accionamiento hidráulico, trabaja a un régimen de 2.800 r/min.

Las ruedas de control de la profundidad regulan la profundidad de siembra (cinco posiciones) en cada línea de modo individual y realizan una labor de compactación en torno a la semilla. Otras características técnicas de la Kuhn SD 4500 se incluyen en el cuadro II.

Equipamiento empleado

Como ya es habitual en los ensayos de campo realizados por el equipo, se instalaron dos GPS diferenciales uno sobre el centro del tractor y otro sobre el centro del distribuidor de la sembradora (**foto 3**). Los parámetros extraídos del DGPS son las coordenadas UTM, la altitud sobre el nivel del mar y velocidad real de avance (km/h), información que es posible superponer con las ortofotos del Plan Nacional de Orto-fotografía Aérea (PNOA) o incluir en ficheros Google Earth para la visualización de las trayectorias y sus características. En este ensayo se han empleado además dos sensores para monitorizar el comportamiento de uno de los brazos de siembra en cuanto a la profundidad de trabajo y a la fuerza a la que se ve sometido al penetrar en el terreno. Para ello se instaló un sensor LVDT (linear variable differential transducer) y una célula de carga (**fotos 4 y 5**). El primero permite estimar la profundidad de siembra en función de la variación del desplazamiento del vástago que se produce según se desplaza el brazo de siembra con respecto al bastidor.

Los datos de la CPU del tractor se registraron en un grabador por voz, prestando especial atención al consumo horario de combustible. Esta información fue posteriormente transcrita y analizada estadísticamente.

Otra novedad incluida en este ensayo de campo es la utilización de una cámara termográfica infrarroja (FLIR i5 2009), con el fin de evaluar la evolución temporal del calor disipado por las piezas de las máquinas sometidas a mayores solicitaciones de esfuerzos mecánicos e hidráulicos.

La termografía es una técnica que permite visualizar la temperatura de una superficie a partir de la medición de la radiación

infrarroja. Las cámaras termográficas por tanto, permiten determinar la temperatura de una superficie a distancia en tiempo real y sin contacto alguno. Las imágenes generadas en nuestro caso son de alta resolución en intensidad (NETD(1) 0,1°C) con un espectro de colores en el que cada uno representa una temperatura. Las cámaras termográficas son ya una herramienta valiosa en algunos ámbitos como la construcción. En instalaciones industriales y máquinas esta técnica tiene posibilidades como herramienta en el mantenimiento predictivo y preventivo: sobrecargas en bombas, sobrecalentamientos en ejes y cojinetes, obstrucciones en filtros, etc. Además se ha monitorizado el cambio de temperatura en diferentes puntos de la sembradora y del tractor a lo largo de la jornada de trabajo.

Ensayos dinámicos

Los ensayos llevados a cabo son de carácter dinámico en campo, y de carácter estático realizados en el interior de la nave. En relación a los primeros hay que decir que se definieron tratando de minimizar su incidencia en el desarrollo normal de la labor de siembra por parte del operario encargado, por lo que el factor analizado se limitó a la velocidad de trabajo (**figura 3**) estudiando su influencia en el consumo de combustible y en la uniformidad en la profundidad de siembra. Se fijaron dos velocidades de trabajo: 9,5 km/h y 11 km/h. En todo momento la dosis de siembra estaba establecida en 279 kg/ha (posición 140 del dosificador); a 9,5 km/h se registraron datos a lo largo del vaciado completo de una tolva lo que nos permite validar su autonomía.

Considerando únicamente los datos UTM de los GPS obtenidos durante el trabajo en parcela (8.000 registros), y aplicando a estos datos una rutina matemática desarrollada por el grupo en investigaciones previas, se establece la inversa de la tangente del desplazamiento [arctangente (Δ(YUTM)/Δ(XUTM)] y se consigue identificar las líneas de siembra, de manera que se establecen los periodos en los que la máquina está dentro de la línea de cultivo (tiempo efectivo, TE) y aquéllos en los que la máquina está girando (tiempos accesorios, TA) (**figura 4**). Toda esta información permite calcular el rendimiento efectivo o de campo de la sembradora, sin incluir los tiempos accesorios correspondientes a la recarga de semilla, como muestra la **ecuación 1**.

Ecuación 1. Expresión del rendimiento efectivo o de campo.

$$\eta e = \frac{TE}{TE+TA} x100$$

Así mismo, el análisis de los datos de velocidad de los GPS (otros 8.000 registros) ha permitido establecer las velocidades reales medias de trabajo (**figura 3**) y el resbalamiento de las ruedas del tractor, que se han determinado en los dos casos en torno a un 5%, ligeramente superior a 11 km/h que a 9,5 km/h, a pesar de que el monitor del tractor indicaba un resbalamiento instantáneo nulo a lo largo de la realización del ensayo. Con todos estos datos se ha validado la capacidad de trabajo efectiva y la autonomía de la tolva (en ha) para cada velocidad (**cuadro III**); la autonomía teórica se establece a partir de la capacidad de la tolva en l, la densidad aparente de la semilla en kg/l y la dosis de siembra (kg/ha).

El estudio del consumo se ha realizado teniendo en cuenta las pendientes ascendentes y descendentes en cada trayectoria para las dos velocidades de trabajo. Las máximas diferencias en consumo horario (l/h) se dieron entre los trayectos ascendentes y descendentes con aproximadamente 13 l/h y 16 l/h de diferencia para 9,5 km/h y 11 km/h respectivamente. No se observan diferencias significativas en los trayectos de ascenso para las dos velocidades. Considerando las capacidades de trabajo efectivas se obtiene el consumo en l/ha, que resultó inferior cuando se trabaja a mayor velocidad (**figura 5**). Los valores medios, 5,8 y 4,45 l/ha, son inferiores a los que refieren otros trabajos, que evalúan el consumo en siembra directa entre 6 y 11 l/ha (véase artículo de J. Gil, 2010). Quizá en este punto hemos de recordar que previo a la siembra se procedió a dar un pase de grada de discos, lo que podría explicar esas diferencias.

Respecto al análisis de la homogeneidad de la profundidad de siembra, se hicieron determinaciones manuales a lo largo de los primeros 100 m de las trayectorias de trabajo (**foto 6**). Se observó una mayor dispersión de los valores a la velocidad de 11 km/h, aunque el valor de la moda de la profundidad no muestra diferencias significativas: 5,4 cm (**figura 7**). La máquina estaba regulada para una profundidad teórica de 5 cm. La **figura 6** recoge la representación de los valores de fuerza registrados por la célula de carga en el brazo de siembra instrumentalizado, frente a la estimación de las profundidades de siembra según los registros del sensor LVDT. Se observa que en el rango de profundidades estudiadas se encuentra el 70% de las semillas cuando se trabaja a 9,5 km/h y el 97% a 11 km/h. Así mismo, registros de la fuerza en torno a 80 kg supone una resistencia del terreno tal que imposibilita la penetración de los discos dando lugar a una siembra somera o superficial, tal como puede observarse en la **figura 6** y en la **foto 7**. Hay que indicar que el montaje del sensor impide determinar profundidades superiores a 5 cm, por lo que los valores de 5 cm pueden contener profundidades de siembra superiores a este límite.

Las profundidades de siembra se han evaluado a partir del sensor LVDT (3.200 registros), las determinadas manualmente (30 registros), comparándose con la teórica a la que se regula la máquina (5 cm). Las profundidades (media y error típico) determinadas manualmente fueron 4,5 ± 0,21 cm y 4,6 ± 0,47 cm para 9,5 y 11 km/h, respectivamente. Lo más destacable de los datos relativos al sensor LVDT (**figura 7**) es que permiten estudiar la variabilidad de la profundidad gracias al gran número de datos. En este sentido la profundidad a 11 km/h resultó más uniforme que a 9,5 km/h (97% de los registros entre ± 0,5 cm con respecto a la media; respecto a un 70% en este mismo rango de profundidades) (**cuadro IV**); con unos coeficientes de variación (desviación típica x 100/media) de 8,8 y 20,5%.

En las **figuras 7 a 10** se muestran las imágenes térmicas tomadas a lo largo de la realización del ensayo. La **figura 7** muestra el perfil de temperaturas de un pequeño corte del terreno de 15 cm de profundidad realizado a las 18 h. En una labor de siembra es interesante conocer el gradiente de temperaturas en profundidad, en nuestra medida prácticamente 4°C en 15 cm.

Se ha considerado muy ilustrativo mostrar las imágenes térmicas de algunos de los elementos fundamentales para el buen funcionamiento de la sembradora: filtro de aceite (**figura 8**), motor hidráulico (**figura 9 izquierda**) y turbina (**figura 9 derecha**), y del tractor: reducción final y trompeta trasera (**figura 10**), dado que se considera una medida de las solicitaciones mecánicas e hidráulicas. Los rangos de temperatura medidos se encuentran entre 10 y 40°C. Destaca la evolución térmica del filtro del circuito hidráulico de la sembradora antes y después de la labor (**figura 8**) con una diferencia de temperaturas de 16 a 30,4°C. En lo que se refiere al tractor se incluye la imagen de la trompeta del semieje trasero derecho del tractor Fendt (**figura 10**), con una variación de temperaturas de más de 30°C desde el inicio al fin de la labor, valores similares a los registrados en las reducciones finales (imágenes no incluidas).

Ensayos estáticos

Los ensayos realizados en estático fueron concebidos para comprobar la bondad de la dosificación (calibración) y la uniformidad de la cuantía de semilla liberada en cada uno de los tubos de descarga. Estos ensayos se realizaron con la sembradora detenida, la tolva al 90% de su capacidad y el tren de siembra elevado para facilitar los trabajos a realizar en los tubos y en la parte inferior de la tolva.

El control del caudal en puesto fijo, que es como el manual de instrucciones se refiere a la calibración, se llevó a cabo manteniendo la posición del variador del caudal en 140 (**foto 8**), lo que según el fabricante supone una dosis de 279 kg/ha. Se siguió el procedimiento descrito en el manual: se abrió la trampilla inferior del dosificador para recoger en un único punto toda la semilla dosificada y se hizo girar manualmente la rueda de accionamiento 47 vueltas, lo que equivale a barrer una superficie de 0,05 ha. Se recogieron así 14,0 kg de semilla, que considerando una hectárea son 280 kg/ha (14,0 x 20 = 280 kg/ha).

Para la recogida de semilla se dispusieron cubos (2 l de capacidad, 155 mm de diámetro superior) bajo los discos sembradores (**foto 9**). Tras una mínima revisión de los tubos de descarga para eliminar pequeñas obstrucciones, se procedió a la recogida de semilla en cada uno de los tubos, para lo que también se accionó manualmente la rueda de cuñas (47 vueltas). Se comprobó que 5 de los 26 tubos de descarga se encontraban obstruidos y que todos ellos se concentraban en el ala derecha de la sembradora (**figura 11**). Considerando las líneas de siembra de la 1 a la 11 el coeficiente de variación se encuentra en el 7%; si se tiene en cuenta la totalidad de los tubos de descarga éste asciende al 18%.

Si tras otra revisión rápida de los tubos de descarga se repite la situación, se haría necesario programar un tiempo de las jornadas de trabajo para supervisar los tubos de descarga con mayor profundidad. Es necesario considerar en primer lugar que para garantizar un buen flujo de semillas, se ha de comprobar que a la altura de la cabeza de distribución y de los elementos sembradores, no hay codos ni tramos de ascenso de los tubos, si así fuese habría que cortar los tubos hasta eliminar estos tramos problemáticos. Quizá procediera una limpieza del tubo de impulsión de la turbina y del cabezal de distribución.

A modo de conclusión

El consumo de combustible registrado a lo largo de la labor con la sembradora Kuhn SD 4500 se mantiene por debajo de 6 l/ha con las dos velocidades ensayadas, que pueden ser señalados como bajos dentro de los sistemas de laboreo de conservación. La implementación de sensores para la monitorización del comportamiento de los brazos de siembra ha permitido registrar un gran volumen de datos (3.200), cuyo análisis ha mostrado buena homogeneidad en la profundidad de siembra, tanto a 9,5 como a 11 km/h, mejor, si cabe, a esta última (20,5% y 8,8% respectivamente).

En este trabajo nos hemos permitido introducir una cuestión: ¿puede ayudar la imagen térmica en el mantenimiento y la detección de fallos de funcionamiento en las máquinas agrícolas? Los datos registrados relevantes son insuficientes para ofrecer afirmaciones concluyentes, pero creemos que contribuimos en la búsqueda de la respuesta presentando algunos ejemplos de supervisión de la temperatura a lo largo de una jornada de labor.

La calibración del sistema dosificador es fácil y rápida de realizar; se ha comprobado una buena adaptación entre la posición del mecanismo dosificador y la dosis que indica el fabricante con la semilla empleada. Sin embargo, si no se verifica adecuadamente el buen flujo de semillas en todos los tubos de descarga, se puede producir una falta de homogeneidad transversal significativa.

A lo largo de este ensayo se ha revelado una vez más la necesidad de programar tareas de supervisión y ajuste del funcionamiento de una máquina a lo largo de la campaña para evitar la pérdida de calidad y homogeneidad en la labor. Estas labores deberían en muchos casos estar supervisadas en el propio concesionario para mantener la máquina en óptimas condiciones de funcionamiento. l

Referencias

J. Gil, 2010. Laboreo tradicional frente a laboreo mínimo, consecuencias agronómicas y energéticas.